

CT 18045

Etude à l'aide de ^{32}P du développement racinaire du cotonnier sur deux types de sol de la plaine du Mangoky *

par P. MARINI¹, R. KAISER², P. VILLEMIN³

avec la collaboration technique de E. RASOAVOLOLOMONENJANAHARY
et O. ANDRIAMANAMPISOA

RÉSUMÉ

Sur deux sols de Madagascar (sol d'alluvions argileuses et sol ferrugineux tropical), les auteurs étudient le développement des racines du cotonnier. Le traceur (^{32}P) est injecté à différentes distances de la plante et à différentes profondeurs. On détecte la présence de racine par comptage de l'élément radioactif dans des feuilles convenablement échantillonnées. Les résultats montrent que la texture du sol influence fortement la vitesse de développement des racines : 1 cm/jour en alluvions argileuses contre 2 à 4 cm/jour en sol ferrugineux tropical. Si la nappe phréatique se situe près de la surface du sol, les racines latérales se développent davantage. L'activité racinaire est prépondérante dans les 60 premiers centimètres.

Le développement racinaire d'une espèce végétale donnée répond à l'intervention de nombreux facteurs. Les conditions climatiques, les propriétés physiques et chimiques des sols, leur régime hydrique, les façons et techniques culturales sont en particulier ceux qui peuvent influencer son allure générale.

Le but de notre expérimentation est l'étude dynamique à l'aide de phosphore ^{32}P du développement et de l'activité racinaire du cotonnier sur deux types de sol rencontrés sur le périmètre de la Samangoky :

- sols d'alluvions argileuses (1974) ;
- sol ferrugineux tropical (1975).

Le système de culture adopté y est le suivant :

- semis en poquet sur billon, courant décembre ;

- espacement interbillon 90-100 cm et entre deux poquets 20-25 cm ;
- démariage à deux plants (30 à 40 jours après la levée) ;
- irrigation par gravité ;
- troisième et dernière récolte suivie de l'arrachage des pieds pendant le mois de septembre.

La méthode employée consiste à injecter un traceur dans le sol et à repérer son apparition en un point, toujours le même, de la plante. Le choix du ^{32}P a été dicté par sa très faible diffusivité dans le sol, les besoins permanents en phosphore du cotonnier ainsi que la facilité de manipulation et de comptage de ce radioélément.

A. — SOLS D'ALLUVIONS ARGILEUSES

Il s'agit, en l'occurrence, d'alluvions argileuses salées (parcelle 306 II) ou en cours de salinisation (parcelle 306 I), en présence dans les deux cas d'une nappe phréatique peu profonde pendant toute la durée du cycle et salée.

En 1973, les rendements en coton, qui étaient éle-

vés sur l'ensemble du périmètre (rendement moyen : 2,9 t/ha), ont été extrêmement faibles sur 306 II (600 kg/ha) avec une floraison précoce et un développement végétatif réduit. Ils étaient cependant corrects (2,2 t/ha) sur 306 I, encore qu'on ait pu noter sur cette parcelle des zones de moindre production.

* Ce travail a été réalisé sur la station I.R.C.T.-Samangoky, à Tanandava, et au Laboratoire de radio-isotopes, à Tananarive, dans le cadre du Contrat de Recherches n° 1249/RB/R3, entre l'Agence Internationale de l'Energie Atomique et l'Université de Madagascar.

¹ Ingénieur CEA, DB/SRA CEN de Cadarache, en mis-

sion de longue durée au Laboratoire de radio-isotopes, Université de Madagascar, B.P. 3383 Tananarive.

² Ingénieur I.R.C.T., Station de Recherches Agronomiques de la Samangoky, Tanandava.

³ Assistant technique, Ministère de la Coopération, LRI de Tananarive.

I. — Propriétés physiques et chimiques des sols - Evolution de la nappe phréatique

1 - Propriétés physiques et chimiques (tableaux 1 et 2 en annexe)

Alluvions argileuses de bas fond, ces sols très riches en éléments fins en surface (jusqu'à 80 % d'argile + limons fins) reposent sur des couches plus perméables avec sur la parcelle 306 II, 50 % de sables après 100 cm, 70 % au-delà de 140. Sur 306 I, la couche compacte est moins profonde avec déjà 40 à 45 % de sables à 70 cm, 60 % à 1 mètre.

Sur 306 II, des efflorescences salines apparaissent après chaque période sèche. Les sels solubles à dominance sodique abondent ici et là sur tout le profil, mais avec une distribution très hétérogène. Le pH est alcalin, la capacité d'échange élevée. L'analyse

thermique différentielle a mis en évidence, à côté de kaolinite, la présence de montmorillonite en quantité notable.

2 - Evolution de la nappe phréatique

De février à septembre, la nappe phréatique évolue très peu. Son niveau s'abaisse très lentement : de — 90 à — 125 cm sous 306 I, de — 70 à — 97 cm sous 306 II (tableau 3).

Sa conductivité reste très forte, comprise entre 6 000 et 7 000 μ ohms sous 306 I, entre 3 000 et 4 000 μ ohms sous 306 II. Le sodium, sous forme de chlorure (70 %), de sulfate et de bicarbonate, est le cation dominant (80 et 60 meq/l).

II. — Dispositif expérimental

— Les injections de 32 P ont été réalisées le 3 février 1974 sur la parcelle 306 I (semis le 20 décembre 1973), le 23 février sur la parcelle 306 II (semis renouvelé le 10 janvier).

— Sur trois répétitions d'un traitement agronomique, parcelles NKPS d'un essai soustractif de fumure, nous avons choisi quatre groupes de 15×2 cotonniers (démariage à deux plants), distribués par 10 face à face sur 3 lignes consécutives. La distance

entre chaque groupe est d'au moins 3 mètres dans toutes les directions.

— Les injections ont été faites sur les lignes extérieures de chaque groupe et à 15, 35, 50 cm de celles-ci vers le billon central dont elles se trouveront respectivement à 100, 85, 65 et 50 cm (fig. 1). La distance entre deux injections est de 12,5 cm, ce qui donne par exemple, sur la ligne B₁, une injection au pied de chaque couple et une au milieu de l'inter-

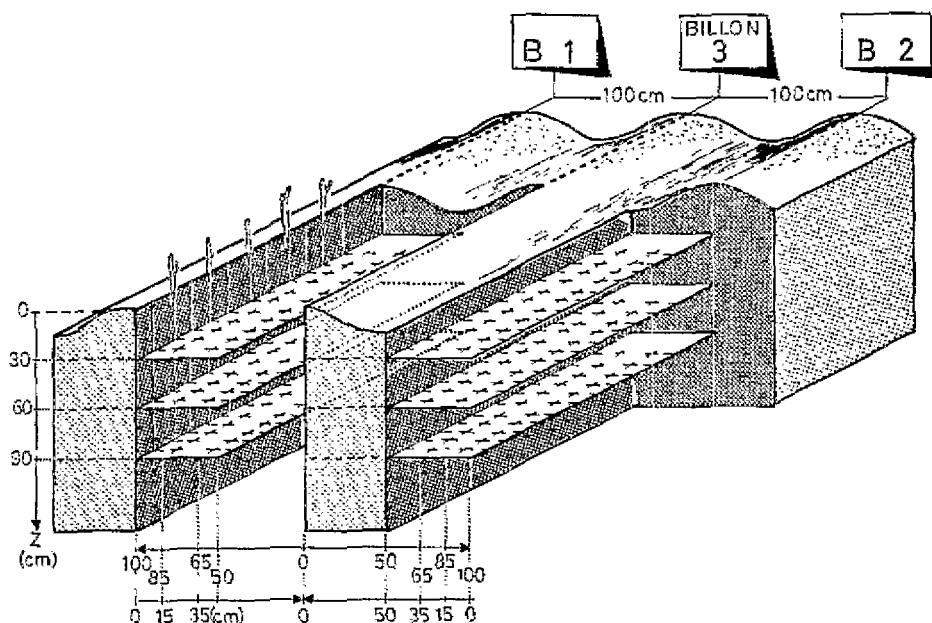


Fig. 1. — Parcelle 306 I. Diagramme des injections cumulées. N.B. Le diagramme pour la parcelle 306 II serait identique, aux profondeurs près.

valle entre deux couples successifs. Les profondeurs d'injection mesurées par rapport à la crête du billon étaient de 30-60 et 90 cm sur 306 I, 20-40 et 60 cm sur 306 II où la nappe phréatique était plus haute.

Les points d'injection et les prélèvements foliaires correspondants seront représentés par une notation de la forme I 15 I :

I correspond à la profondeur 30 cm par rapport à la crête du billon.

15 à la distance en cm par rapport à l'axe du billon 1 pris pour origine.

A l'injection réalisée à une profondeur de 60 cm par rapport à la crête du billon 2, et à 35 cm de l'axe de celui-ci correspondra la notation II 352.

La technique d'injection proprement dite est celle décrite par MOUTONNET (3) pour l'eau tritiée. En chaque point, 5 ml d'une solution de phosphate monopotassique à 1 mg/l marquée au ^{32}P (50 $\mu\text{Ci/ml}$) sont injectés à l'aide d'une seringue dans un tube en acier inox (\varnothing int.: 1 mm, \varnothing ext.: 3 mm) dont l'une des extrémités se situe au niveau d'injection. Avant d'être retiré, le tube est rincé par 20 ml de la solution précédente non marquée.

III. — Analyse critique du dispositif

1. L'injection étant faite avec un volume non négligeable d'entraîneur (25 ml en tout), le marquage n'est pas ponctuel. Pour délimiter le volume de la tache radioactive correspondante, nous avons fait, hors-parcelle et dans les mêmes conditions, des injections aux différentes profondeurs. Vingt-quatre heures après, nous avons prélevé tous les 5 cm sur chaque profil des échantillons de terre dont la radioactivité a été mesurée (attaque perchlorique à chaud et comptage par effet Cerenkov de la solution). En fait, on peut considérer qu'une injection donnée intéresse, *grosso-modo*, une sphère de sol de 15 à 20 cm de diamètre. On en conclut, les expériences comportant

11 injections distantes de 12,5 cm sur une même ligne horizontale, que le marquage intéresse à chaque profondeur étudiée une zone cylindrique de 1,20 m de long.

2. Au moment des injections, nous avons choisi des cotonniers ayant à peu près le même développement. En cours de cycle, des hétérogénéités sont apparues (tabl. 4), dues en particulier :

- Au démarrage à deux plants, l'un des pieds étant presque systématiquement plus vigoureux ;
- A la situation de la sous-parcelle.

IV. — Echantillonnage et techniques analytiques

Les mesures de radioactivité ont porté systématiquement sur la quatrième feuille mature de chaque pied (2) ; les valeurs obtenues permettent la localisation, la cartographie des racines en même temps qu'elles reflètent leur activité que nous assimilerons à l'intensité avec laquelle elles prélèvent le phosphore. Différentes techniques ont été mises en œuvre :

1. Comptage sur coupelle à l'aide d'un compteur GEIGER-MULLER type cloche, de rondelles fraîches découpées à l'emporte-pièce dans chaque feuille prélevée. Après le comptage, l'échantillon était séché à l'étuve à 105°, puis pesé.

2. Une deuxième méthode a été finalement adoptée, du fait surtout de sa rapidité, dans laquelle les feuilles d'un même traitement (10 feuilles prélevées aussi bien sur les pieds les plus vigoureux que sur les autres) étaient séchées à l'étuve à 105° et broyées ensemble finement. Le produit de la minéralisation d'une aliquote (100 à 200 mg) du mélange bien homogénéisé était compté par effet Cerenkov. La minéralisation était faite par voie sèche (au four à 550°) ou humide (attaque perchlorique). Dans le premier cas, les cendres étaient reprises par un mélange

de HClO_4 et de KH_2PO_4 . Etant donné les conditions de marquage (marquage non ponctuel) et l'hétérogénéité des plants d'un même poquet, cette technique donnera, en fait, une image globale de l'occupation du sol par les racines et de leur activité dans les conditions de culture pratiquées sur le périmètre de la Samangoky.

3. Expression des résultats

Le jour de l'injection étant pris pour référence, les résultats sont exprimés, compte tenu de la décroissance radioactive, en ip 2 m de matière sèche (impulsions comptées en deux minutes par mg de matières sèches). Par ailleurs, en vue d'évaluer la participation de chaque « portion » de sol à l'activité racinaire totale et son évolution dans le temps, on a introduit la notion d'activité relative définie de la façon suivante : à une date donnée, on affecte la valeur 100 à la somme S des radioactivités a_1, a_2, \dots, a_n mesurées pour les différentes combinaisons distance latérale-profondeur. Chacune d'entre elles, a_i , est ensuite traduite en pourcent de S , valeur figurée graphiquement avec pour abscisse la distance latérale et pour ordonnée la profondeur de l'injection.

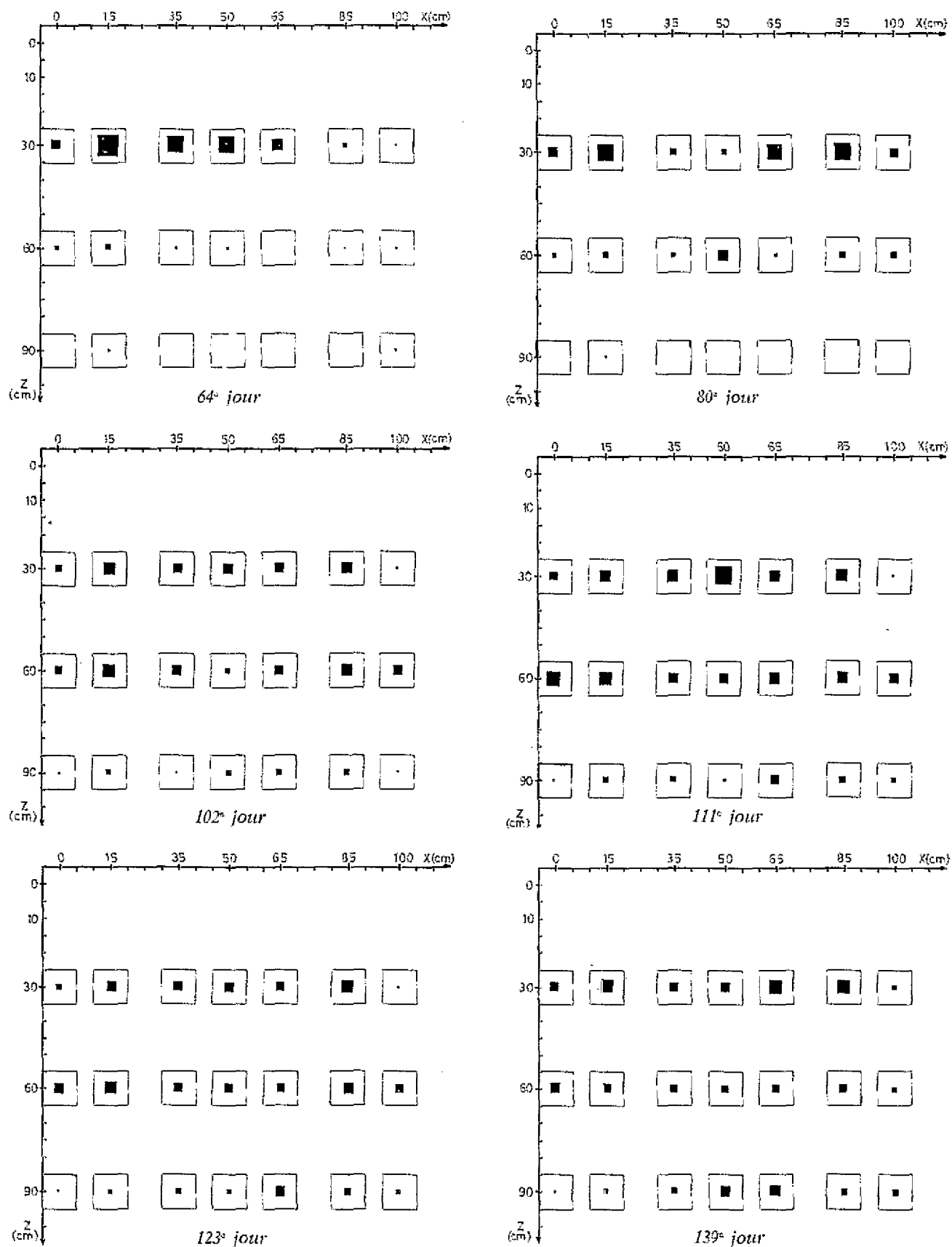


Fig. 2. — Parcelle 306 I : évolution avec la profondeur de l'activité racinaire relative exprimée en pourcent de l'activité totale mesurée sur le profil.

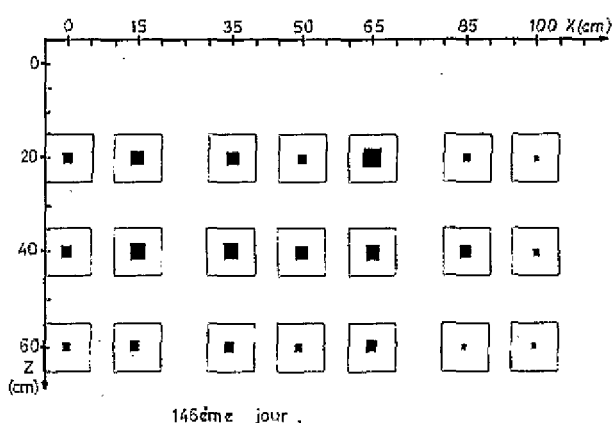
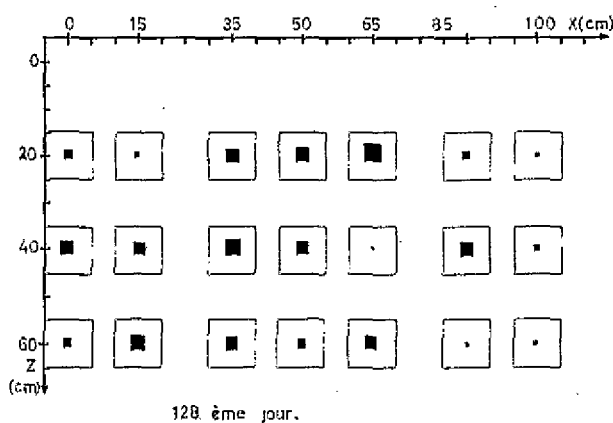
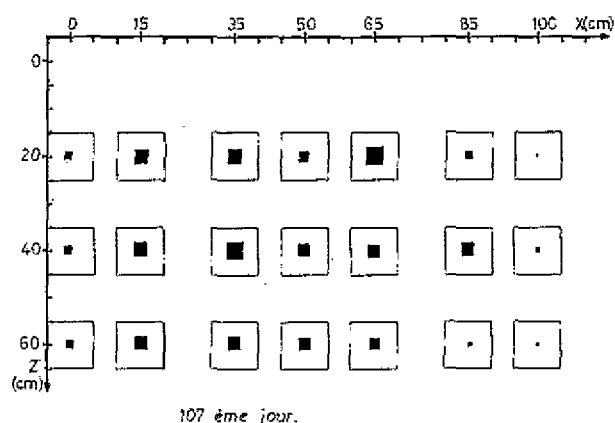
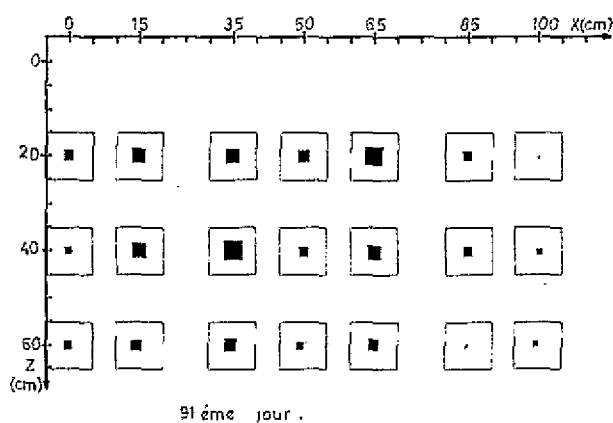
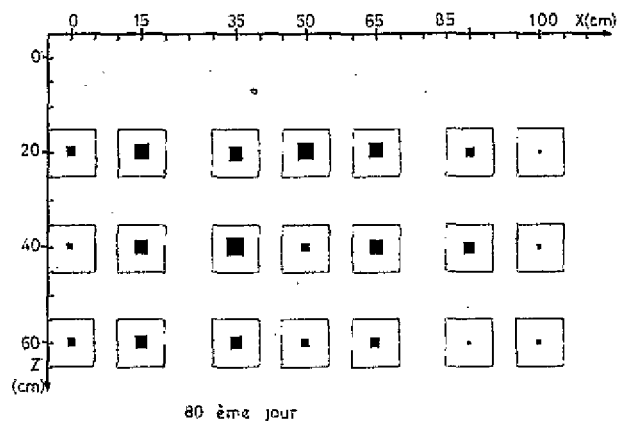
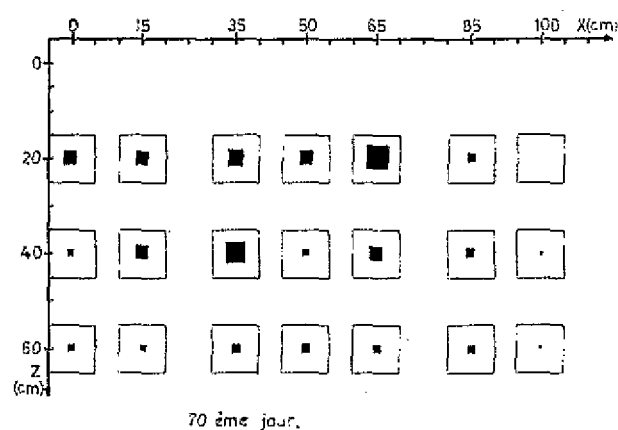


Fig. 3. — Parcelle 306 II : évolution avec la profondeur de l'activité racinaire relative exprimée en pourcent de l'activité totale mesurée sur le profil.

V. — Résultats et discussions.

La première technique de comptage, assez lourde (360 comptages et pesées par série et par type de sol), nous a permis, sur 306 I et 306 II, de dissocier pour chaque poquet l'activité racinaire des deux plants et de conclure, en toute logique, qu'elle croît à toutes les profondeurs avec la vigueur de chacun d'eux.

Dans l'analyse ci-après, nous ne considérons que les résultats moyens obtenus par la seconde méthode.

1. Parcelle 306 I (tabl. 5, fig. 2)

Au 64^e jour après la levée, les racines occupent la couche 0-60, ce qui donne en moyenne une vitesse de croissance frontale de 1 cm/jour. Latéralement, l'activité est notable jusqu'à 65 cm dans la première tranche (30 cm) et jusqu'à 35 cm dans la deuxième (60 cm), ce qui correspond pour les racines secondaires à une vitesse de développement du même ordre que celle du pivot (1 cm/jour). Pendant les deux premiers mois, l'activité racinaire est prépondérante dans l'horizon 0-30, ce qui explique la forte réaction des cotonniers aux variations d'humidité en surface. Après une saturation du profil, il suffit en général de 10 à 12 jours de « sécheresse » pour que les plantes souffrent et qu'on observe un ralentissement très net du développement, accompagné de modifications morphologiques (raccourcissement des entre-nœuds, en particulier). Quelques millimètres de pluie vont, par contre, provoquer un redémarrage extrêmement rapide du développement végétatif.

Après le 100^e jour, l'activité racinaire est assez homogène sur la tranche 0-60. Deux légers maxima apparaissent dans la première tranche à 15 et 35 cm, distances qui correspondent à la localisation des engrais sur le flanc de deux billons contigus. Par ailleurs, c'est alors seulement qu'on retrouve des racines à la profondeur 90 cm.

2. Parcelle 306 II (tabl. 6, fig. 3).

Les variations observées sont plus nettes que sur 306 I. Cela est dû, en particulier, à une moindre dilution de la radioactivité introduite dans une masse végétale 4 à 5 fois moins importante.

- La vitesse moyenne d'élongation du pivot est du même ordre (1 cm/jour) que précédemment.
- L'activité globale croît régulièrement jusqu'au 110^e jour, début de la maturation des capsules, puis diminue rapidement.
- Dès le 80^e jour, l'occupation de la couche 0/40 est assez homogène et au 107^e jour, l'activité relative est de 36, 38, 26 %, respectivement à 20, 40 et 60 cm.

Latéralement, l'activité racinaire est pratiquement nulle à 100 cm du pivot à tous les niveaux et à 35 cm au niveau 60. On observe pendant longtemps (100 j) deux maxima très marqués de cette activité à 65 cm au niveau 20 et à 35 cm au niveau 40.

B. — SOL FERRUGINEUX TROPICAL OU SABLE ROUX

Le protocole expérimental diffère quelque peu de celui que nous avons décrit précédemment. En particulier :

— Le billon central est le billon de référence (fig. 4). Autrement dit, c'est à partir de lui et non plus à partir des billons latéraux qu'ont été effectuées les injections.

— La nappe phréatique étant beaucoup plus profonde (toujours inférieure à 1,80 m), les solutions de phosphate monopotassique marquées au ³²P ont été injectées à 30, 60, 90, 120 et 150 cm de profondeur.

— Latéralement, l'écartement interbillon est ici de 90 cm, les injections ont été faites à 0, 15, 30, 45 cm de l'axe du billon central. Les distances latérales étudiées seront donc, compte tenu du fait que les prélèvements foliaires sont réalisés également sur les cotonniers des billons latéraux : 0-15-30-45-60-75-90 cm.

— Enfin, exceptionnellement et à notre demande, le démariage a été fait à un plant.

Définition du sol

Le sol est un sol ferrugineux tropical peu lessivé, modal, appelé « sable roux ». La texture est homogène sur l'ensemble du profil : 30 % d'argile + limon, 20 à 22 % de sables fins, deux fois plus de sables grossiers — 48 à 50 %.

Résultats et discussions

— Les injections de ³²P, au nombre de 395, ont été pratiquées du 15 au 17 janvier, soit 20 jours après la levée. Etant donnée la nature du sol, le volume total d'entraîneur a été réduit de moitié (2 + 10 ml).

— Les prélèvements foliaires hebdomadaires jusqu'au 13 février, puis mensuels, ont pu être analysés (radioactivité suffisante) jusqu'au 24 avril, 124^e jour après la levée qui correspond à la première récolte (tabl. 7).

— Le 23 janvier, les racines ont atteint la cote — 60 cm, ce qui correspond à une vitesse de croissance frontale minimum de 2 cm par jour. Latéralement, on trouve encore des racines à 45 et 15 cm

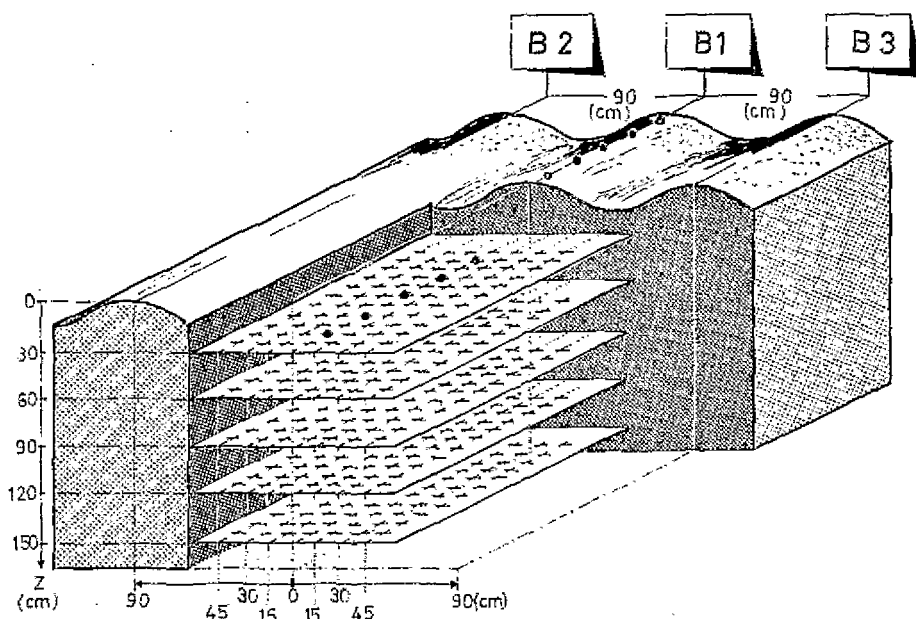


Fig. 4. — Sol ferrugineux tropical. Diagramme des injections cumulées.

de l'axe du billon, respectivement aux profondeurs 30 et 60 cm. Ensuite, l'occupation du sol va se faire très progressivement dans les deux directions, même si l'on trouve quelque activité au niveau — 150 cm dès le 30 janvier.

Dans les tableaux 8 et 9, nous avons exprimé les activités racinaires relatives en pourcent de l'activité mesurée sur tout le profil pour différentes « tranches » horizontales et verticales du sol. Ces résultats, représentés sur la figure 5, sont assez éloquentes :

l'établissement végétatif et la première récolte se font aux dépens d'un volume de sol assez limité. Egale à 100 % un mois après la levée, l'activité relative dans l'horizon 0-60 est encore de 70 % au 110^e jour. Dans la même période, la participation de l'horizon 100-150 n'excédera pas 11 %. Latéralement, c'est la tranche 0-30 qui est le siège de l'activité racinaire la plus intense. A 45 cm de l'axe des billons (milieu de l'interligne), l'activité n'est notable que dans l'horizon superficiel (0-30 cm).

C. — CONCLUSION

L'étude du développement et de l'activité racinaire du cotonnier pendant environ 3 mois de son cycle (jusqu'à la première récolte) dans des conditions très différentes : nature pédologique du sol, profondeur de la nappe phréatique, salure, a permis de mettre en évidence ou de préciser :

— L'influence de la texture et/ou des conditions d'aération du sol, sur la vitesse de croissance de la racine principale du type pivotant : 1 cm/jour dans les alluvions argileuses, 2 à 4 cm/jour dans le sol ferrugineux tropical.

— L'influence, dans le cas où elle est assez proche de la surface, de la nappe phréatique, influence qui se traduit essentiellement par un développement latéral plus important, par l'occupation très vite homogène du volume du sol où les conditions d'aération sont acceptables.

— L'importance, de toute manière prépondérante, des horizons de surface (de 75 à 100 % de l'activité racinaire dans les 60 premiers centimètres) de sol, même si l'on rencontre, et vite, des racines actives à 150 cm dans les sables roux.

— Latéralement, c'est la tranche 0-30 cm qui est le siège de l'activité la plus intense, et sur 306 I on a pu mettre en évidence deux légers maxima qui apparaissent en surface à 15 et 85 cm, distances qui correspondent à la localisation des engrais sur le flanc de deux billons contigus.

Ces conclusions restent fragmentaires dans la mesure où ³²P ne nous a pas permis de suivre les phénomènes pendant la deuxième et la troisième phases du cycle (troisième et dernière récolte en septembre), et en particulier d'étudier si le dévelop-

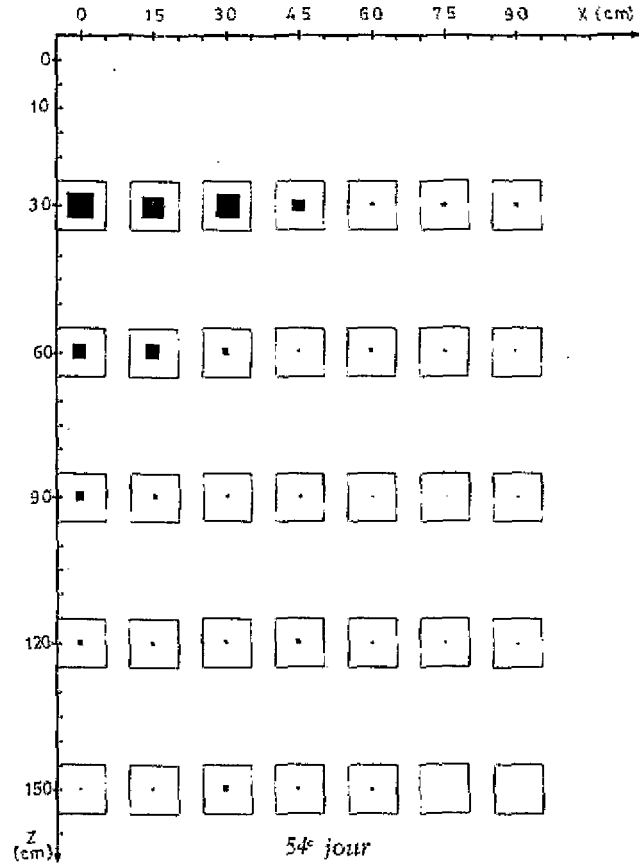
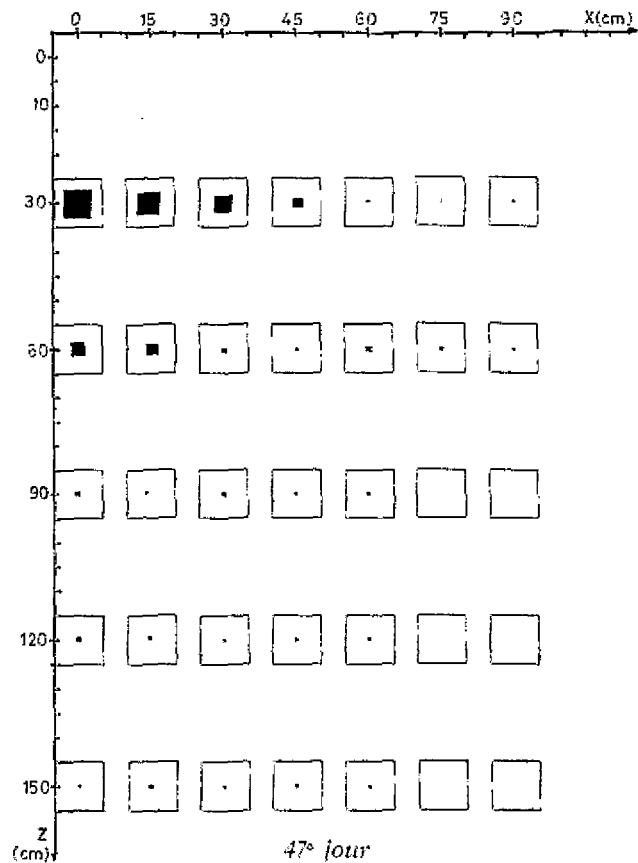
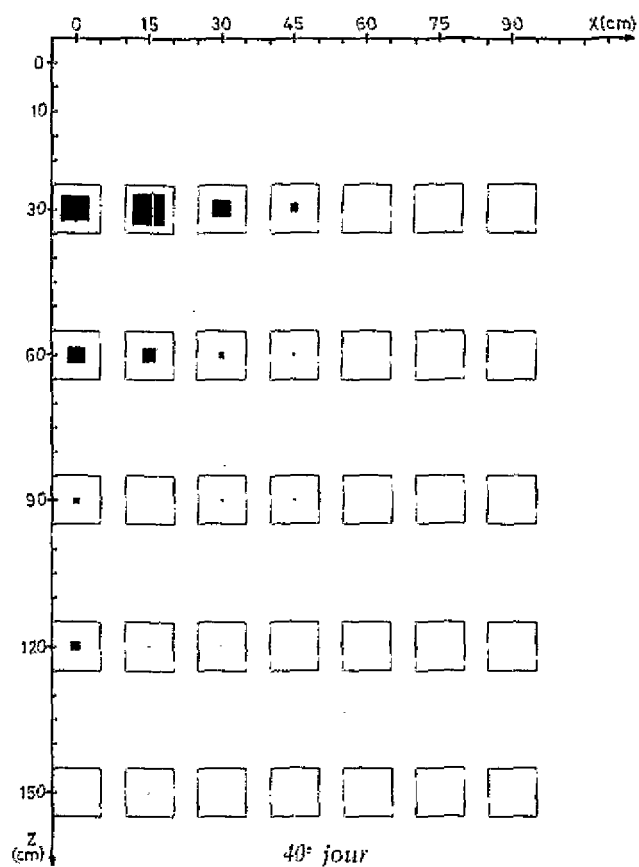
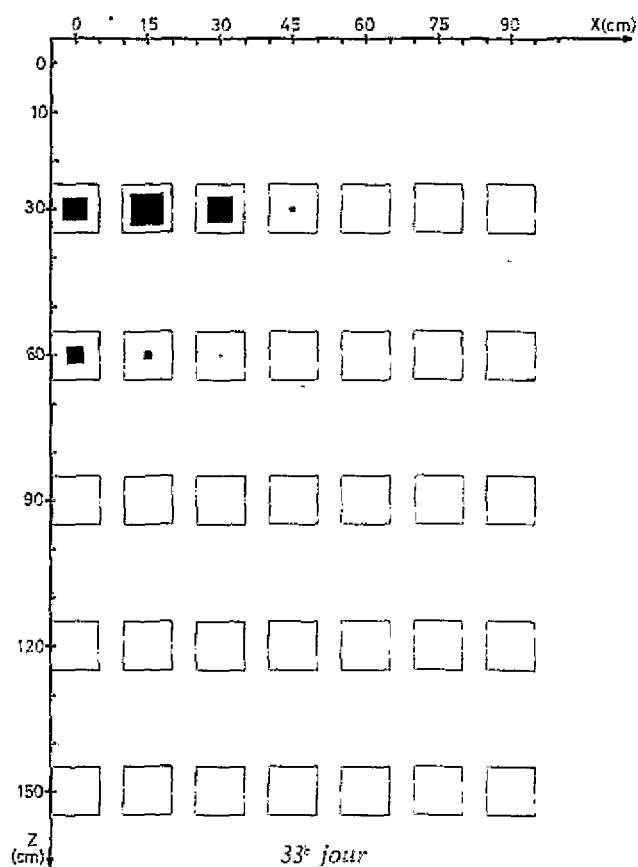


Fig. 5. — Sol ferrugineux tropical. Evolution, avec la profondeur, de l'activité racinaire relative exprimée en pourcent de l'activité totale mesurée sur le profil.

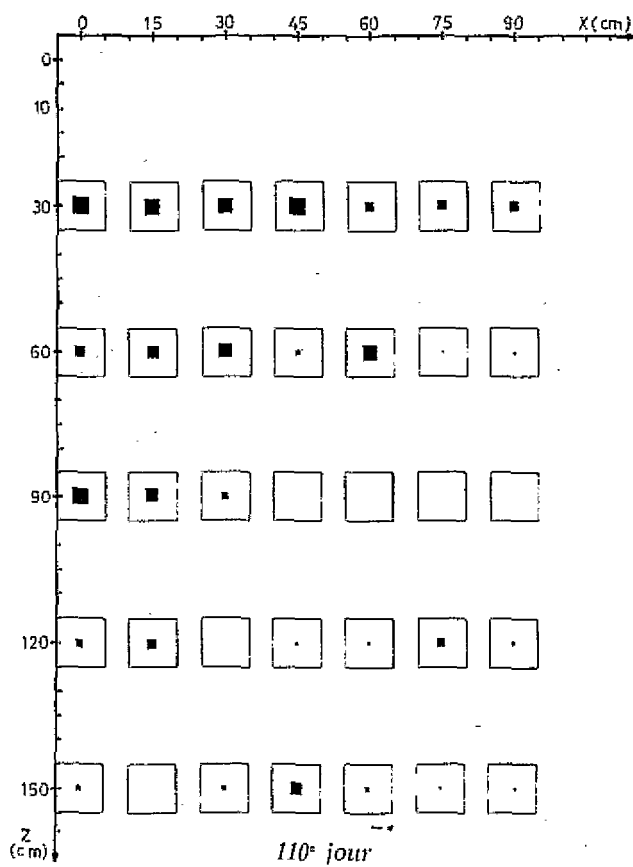
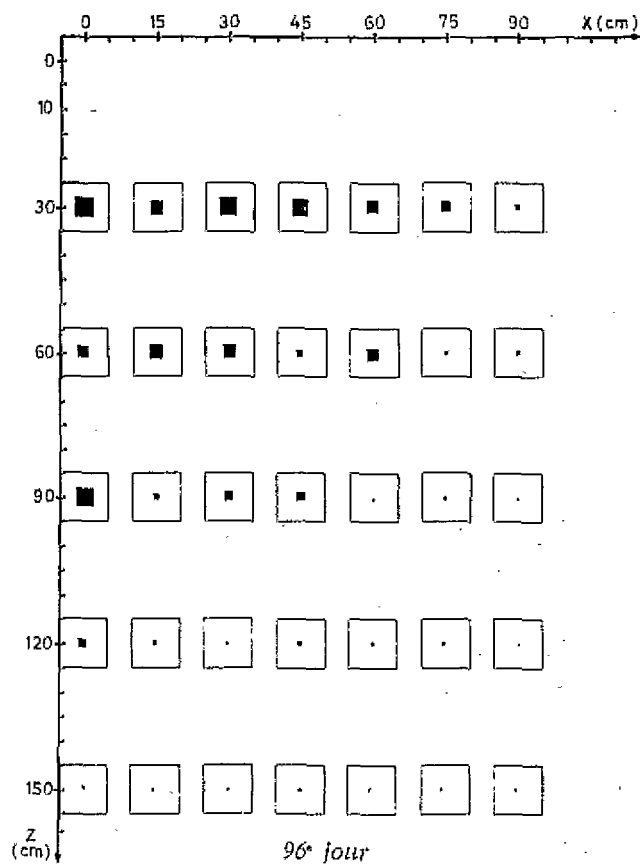
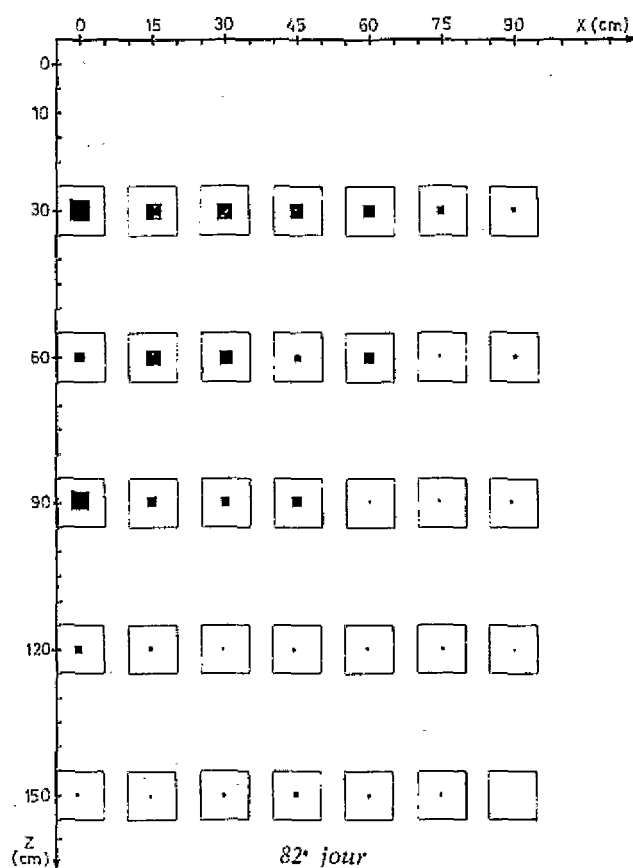
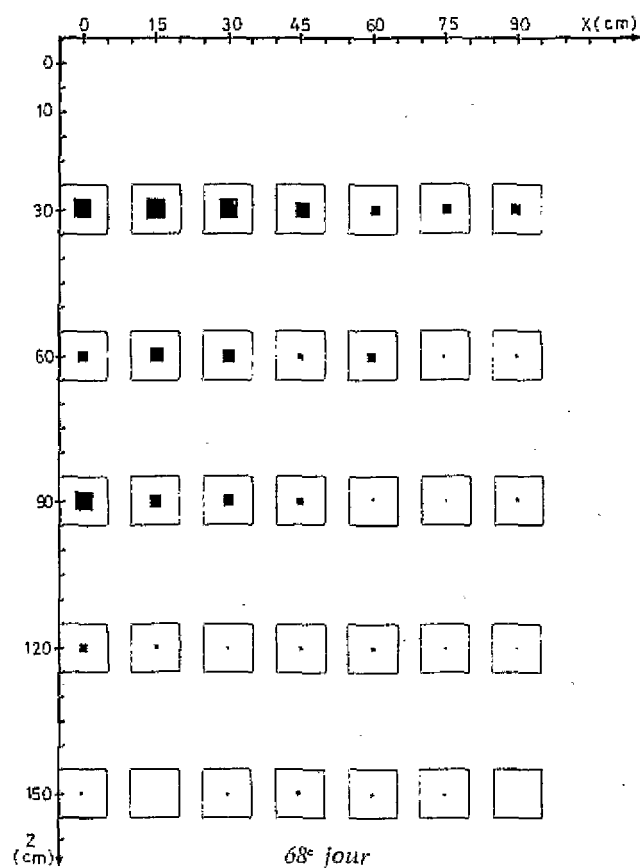


Fig. 5. — (suite.)

pement des racines suit l'abaissement tardif de la nappe phréatique ou si, au contraire, le système racinaire définitif est installé lors de la première récolte. Nous avons envisagé une deuxième série d'injections, décalée dans le temps. Le développement végétatif très important des cotonniers nous en a dissuadé (risques trop grands de contamination).

Les techniques d'injection et d'analyse mises en œuvre dans ce travail se sont révélées d'une appli-

cation relativement simple, nécessitant un équipement peu sophistiqué. La difficulté majeure réside sans doute dans les risques de contamination qui sont nombreux et qui exigent une attention de tous les instants. On peut en envisager l'utilisation pour l'étude du développement et de l'activité racinaire d'autres espèces végétales, sous réserve que soit déterminée au préalable, sur la plante, la partie sur laquelle portera la mesure de la radioactivité prélevée par les racines.

BIBLIOGRAPHIE

1. HERVIEU et al., 1961. — Carte pédologique du Delta de Mangoky. ORSTOM.
2. BASSET D.M. et al., 1970. — Root growth of cotton, as measured by ^{32}P Uptake. *Agron. J. U.S.A.*, 62, 2.
3. MOUTONNET P., 1971. — Contribution à l'étude de remontées capillaires sous culture cotonnière de décrue du nord-ouest de Madagascar. *Terre Malgache, numéro spécial* 12.

SUMMARY

The authors studied the root development of the cotton plant in two types of soil in Madagascar (alluvial clay soil and tropical ferruginous soil). The tracer (^{32}P) was injected at different distances from the plant and different depths. The presence of the radioactive element in the suitably sampled leaves was determined by counting. The results show that

the texture of the soil strongly influences the root development rate: 1 cm/day in alluvial clay soil, as against 2 to 4 cm/day in tropical ferruginous soil. When the ground water table was close to the surface, the lateral root development was greater. Root activity was preponderant in the first 60 cm.

RESUMEN

En dos tipos de suelos de Madagascar (suelo de aluviones arcillosos y suelo ferruginoso tropical), los autores estudiaron el desarrollo de las raíces del algodón. El trazador (^{32}P) se inyecta a distancias diferentes en la planta, así como a profundidades diferentes. Se detecta la presencia de raíz por conteo de elementos radioactivos en hojas convenientemente muestreadas. Los resultados muestran que la textura

del suelo influencia mucho la velocidad de desarrollo de las raíces: 1 cm/día en aluviones arcillosos contra 2 a 4 cm/día en suelo ferruginoso tropical. Si la capa freática se sitúa cerca de la superficie del suelo, las raíces laterales se desarrollan más. La actividad racinaria es preponderante en los 60 primeros centímetros.

ANNEXE

Tableau 1. — *P 306 I et 306 II. Profils granulométriques.*

Origine Tranches de sol (cm)	exprimés en % de terre séchée à 105°									
	P 306 I					P 306 II				
	Argile	L.F.	L.G.	S.F.	S.G.	Argile	L.F.	L.G.	S.F.	S.G.
0- 20	37,5	37,8	11,2	6,6	5,7	37,4	35,4	14,8	4,4	5,9
20- 40	46,2	35,6	9,1	3,7	5,0	50,2	34,6	11,7	2,6	3,7
40- 50	42,2	34,9	11,8	7,3	3,7	45,7	34,6	13,5	3,5	4,8
50- 60	33,8	21,7	9,7	12,7	24,5	33,4	22,1	10,1	13,1	24,9
60- 80	26,4	17,4	9,2	18,2	30,0	24,7	13,0	9,2	17,7	37,7
80-100	21,2	14,2	9,8	21,8	35,8	20,8	10,0	8,9	19,1	40,5
100-120	20,7	8,3	9,9	23,6	38,4	18,2	2,7	9,3	20,7	46,9
120-140	16,6	7,8	9,7	22,8	43,8					

Tableau 2. — *P 306 I et 306 II. Caractéristiques chimiques.*

Tranches de sol	pH eau	C 25° µmho cm ⁻¹ (extrait au 1/10)	exprimés en méq % g							
			Sels solubles				Bases déplaçables			
			Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺	K ⁺	Na ⁺
<i>306 I</i>										
0-25	7,5	158	0,4	0,3	0,4	1,7	16,1	14,6	0,6	6,2
25-35	7,6	266	0,4	0,0	0,1	4,7	13,6	14,2	0,7	11,5
55-65	7,9	413	0,5	0,0	0,1	6,7	15,0	11,1	0,5	16,2
<i>306 II</i>										
0-20	7,2	2 011	3,0	0,8	0,4	38,0	14,2	13,6	0,7	3,6
20-40	7,8	1 431	1,1	0,6	0,1	14,1	14,1	11,4	0,7	26,1
40-60	8,4	1 005	0,1	0,4	0,1	12,2	19,9	12,4	0,5	29,4

Tableau 3. — *Evolution du niveau de la nappe phréatique. Parcelles 306 I et 306 II.*

Date Parcelle	13.03	19.4	11.05	19.06	3.07	25.09	10.08	7.09	21.09
306 I	93	96	96	96	113	115	116	125	124
306 II	68	65	58	75	82	80	82	93	96

Tableau 4. — Le 19 mars 1974. Hauteur moyenne des cotonniers pour chaque traitement. La lettre G désigne pour chaque poquet le pied de plus vigoureux, la lettre P, l'autre.

Traitement Profondeur d'inject. Dist. axe Billon	Parcelle 306 II						Hauteur moyenne sur 5 pieds (en cm)					
	Hauteur moyenne sur 5 pieds (en cm)						Parcelle 306 I					
	G		P		G		P		G		P	
	I (30)		II (60)		III (90)		I (20)		II (40)		III (60)	
0 1	125	80	88	70	111	106	37	35	33	28	49	46
0 2	101	64	88	74	103	102	42	30	38	32	42	38
15 1	106	99	80	72	85	78	44	36	41	34	37	30
15 2	107	33	102	72	92	94	39	34	42	35	40	37
35 1	84	67	108	86	88	80	44	32	43	36	39	32
35 2	90	73	89	85	108	82	36	29	37	32	47	40
50 1	108	95	91	72	93	86	35	27	40	35	37	34
50 2	116	98	78	71	98	77	35	31	37	31	38	29
50 3	107	94	92	73	86	74	32	24	33	31	33	29
35 3	111	89	106	83	90	94	36	35	37	31	42	35
15 3	104	77	98	78	93	81	33	33	47	38	37	32
0 3	100	80	87	79	117	98	37	32	32	28	47	44
G (valeur moyenne) ...	105		92		97		38		38		41	
P (valeur moyenne) ...	83		76		87		31		32		35	

Tableau 5. — Parcelle 306 I (semis le 20 décembre 1973, injection le 3 février 1974).

Evolution spatiale en fonction du temps :

- de la radioactivité moyenne exprimée en ip 2 m/mg ;
 — de l'activité relative exprimée pour chaque tranche de sol en pourcent de l'activité totale mesurée sur le profil.

Situation des points d'injection par rapport aux prélèvements foliaires		Radioactivité moyenne en ip 2 m/mg					
		12.02	28.02	21.03	30.03	11.04	27.04
I (30)	0 1,2	25	31	19	15	13	25
	15 1,2	206	86	54	31	39	59
	35 1,2	125	13	31	33	28	22
	50 1,2,3	122	8	41	84	30	30
	65 3	54	73	35	30	21	67
	85 3	7	103	41	35	46	67
	100 3	1	26	3	2	1	7
	Activité totale 30 cm	540	342	224	230	178	277
	Activité relative à 30 cm en % de l'activité totale	91,6 %	78,6 %	46,8 %	46,2 %	38,1 %	51,5 %
	0 1,2	8	5	21	50	35	41
II (60)	15 1,2	16	15	53	40	45	28
	35 1,2	3	7	33	24	24	21
	50 1,2,3	3	38	6	23	23	19
	65 3		4	27	29	19	21
	85 3	2	11	43	30	41	23
	100 3	15	12	32	24	22	9
	Activité totale à 60 cm	47	92	215	220	209	162
	Activité relative à 60 cm en % de l'activité totale	7,9 %	21,1 %	44,9 %	44,2 %	44,8 %	30,1 %
	0 1,2		0	1	1	1	2
	15 1,2	1	1	7	6	7	8
III (90)	35 1,2		0	1	6	10	12
	50 1,2,3	0	0	8	2	6	6
	65 3			9	19	35	41
	85 3			11	9	15	14
	100 3	1		2	4	5	15
	Activité totale à 90 cm	2	1	29	47	79	98
	Activité relative à 90 cm en % de l'activité totale	0,3 %	0,2 %	8,1 %	9,4 %	16,9 %	18,2 %
	Nombre de jours après la levée	64	80	102	111	123	139
	ACTIVITE TOTALE	589	435	478	497	466	537

Tableau 6. — Parcelle 306 II (semis le 10 janvier 1974, injection le 23 février 1974).

Evolution spatiale en fonction du temps :

- de la radioactivité moyenne exprimée en ip 2 m/mg,
 — de l'activité relative exprimée pour chaque tranche de sol en pourcent de l'activité totale mesurée sur le profil.

Situation des points d'injection par rapport aux prélèvements foliaires		Radioactivité moyenne en ip 2 m/mg					
		21.03	04.04	11.04	27.04	18.05	05.06
I (20)	0 1,2	40	38	45	35	29	37
	15 1,2	40	97	96	99	69	74
	35 1,2	58	84	95	100	66	67
	50 1,2,3	45	111	62	46	49	31
	65 3	128	95	159	163	114	126
	85 3	18	37	48	28	21	19
	100 3	0	2	2	3	5	9
Activité totale à 20 cm		329	464	507	474	353	363
Activité relative à 20 cm							
en % de l'activité totale		55,5 %	41,2 %	40,9 %	35,9 %	41,3 %	39,2 %
II (40)	0 1,2	7	17	20	33	55	40
	15 1,2	41	93	99	105	48	88
	35 1,2	93	145	180	142	81	90
	50 1,2,3	7	29	43	64	50	49
	65 3	39	90	97	71	2	74
	85 3	21	48	39	77	61	48
	100 3	1	10	13	9	9	13
Activité totale à 40 cm		211	432	491	501	306	402
Activité relative à 40 cm							
en % de l'activité totale		35,6 %	38,4 %	39,6 %	38,0 %	35,8 %	43,4 %
III (60)	0 1,2	9	29	32	30	21	25
	15 1,2	7	62	50	86	48	34
	35 1,2	18	63	65	82	47	32
	50 1,2,3	3	24	27	69	23	17
	65 3	13	40	50	63	46	41
	85 3	1	4	5	7	4	5
	100 3	1	6	10	6	6	6
Activité totale à 60 cm		52	228	239	343	195	160
Activité relative à 60 cm							
en % de l'activité totale		8,7 %	20,2 %	19,3 %	26,0 %	22,8 %	17,2 %
Nombre de jours après la levée		70	84	91	107	128	146
ACTIVITE TOTALE		392	1 124	1 237	1 318	854	925

Tableau 7. — Evolution en fonction du temps et pour les différentes combinaisons distance-profondeur des activités mesurées, exprimées en μg 2 m/mg de feuille sèche.

A: Profondeur d'injection, en cm.

B: Distance, en cm, des points d'injection à l'axe du billon de prélèvement.

Dates		23.01 33°	30.01 40°	6.02 47°	13.02 54°	27.02 68°	13.03 82°	27.03 96°	10.04 110°	24.04 124°
A	B									
I (30)	0 1	558	2 192	2 091	1 730	830	712	367	364	422
	15 1	972	2 543	1 452	1 108	886	418	137	309	438
	30 1	683	960	876	1 316	907	434	267	290	362
	45 1,2,3	24	192	269	331	499	340	243	349	354
	60 2,3	—	—	22	41	126	224	122	92	53
	75 2,3	—	—	17	61	127	119	89	100	139
	90 2,3	—	—	2	44	212	39	23	21	25
II (60)	0 1	234	511	473	342	219	140	98	130	145
	15 1	69	351	386	388	460	335	172	172	209
	30 1	1	27	53	73	296	224	154	264	216
	45 1,2,3	—	1	6	14	54	55	30	22	42
	60 2,3	—	—	21	41	133	175	110	274	127
	75 2,3	—	—	3	1	2	1	5	0	13
	90 2,3	—	—	1	5	13	22	19	13	20
III (90)	0 1	—	26	101	197	787	528	312	340	189
	15 1	—	0	12	53	281	168	24	188	256
	30 1	—	9	14	36	269	154	52	50	165
	45 1,2,3	—	1	3	8	93	166	52	64	69
	60 2,3	—	0	1	2	5	2	3	2	42
	75 2,3	0	0	0	0	1	1	4	—	41
	90 2,3	0	0	0	1	3	2	3	1	11
IV (120)	0 1	—	15	20	50	137	94	53	57	74
	15 1	—	3	8	13	39	31	18	105	112
	30 1	—	10	1	1	1	3	3	—	6
	45 1,2,3	—	—	2	24	16	28	12	10	7
	60 2,3	—	—	1	1	6	5	4	8	1
	75 2,3	—	—	—	0	1	8	4	68	6
	90 2,3	—	—	—	—	1	0	4	13	18
V (150)	0 1	—	—	1	3	20	17	9	27	13
	15 1	—	6	10	7	8	9	7	0	5
	30 1	—	4	8	79	11	12	8	18	52
	45 1,2,3	—	—	3	6	57	37	3	51	51
	60 2,3	—	—	1	7	8	10	2	26	26
	75 2,3	0	0	0	0	3	11	10	5	9
	90 2,3	0	0	0	0	0	0	7	4	116

Tableau 8. — *Sables roux (semis le 27 décembre 1974, injection le 16 janvier 1975).
Evolution de l'activité racinaire totale ou relative dans les différents horizons
du profil.*

Date Age		23.01 33° J	30.01 40° J	6.02 47° J	13.02 54° J	27.02 68° J	13.03 82° J	27.03 96° J	10.04 110° J	24.04 124° J
Tranche de sol (en cm)										
30	Activité totale	2 237	5 887	4 730	4 631	3 396	2 236	1 249	1 527	1 794
	Activité relative	88	85,9	80,7	77,4	53,7	48,4	51,4	44,2	46,7
60	Activité totale	304	890	945	865	1 178	953	587	876	773
	Activité relative	12	13	16,1	14,5	18,6	20,2	24,1	25,4	20,1
90	Activité totale	0	37	132	298	1 440	1 022	450	645	774
	Activité relative	0	0,5	2,2	5,0	22,8	21,6	18,5	18,7	20,1
120	Activité totale	0	30	33	90	202	171	98	271	225
	Activité relative	0	0,4	0,6	1,5	3,2	3,6	4,0	7,8	5,8
150	Activité totale	0	10	23	97	107	96	47	132	273
	Activité relative	0	0,1	0,4	1,6	1,7	2,0	1,9	3,8	7,1
Activité totale mesurée sur le profil = 100 %		2 541	6 852	5 863	5 980	6 322	4 527	2 431	3 451	3 840

Tableau 9. — *Evolution de l'activité relative, exprimée pour chaque tranche verticale
en pourcent de l'activité mesurée sur le profil.*

Date Age		20.01 33° J	30.01 40° J	6.02 47° J	13.02 54° J	27.02 68° J	13.03 82° J	27.03 96° J	10.04 110° J	24.04 114° J
Tranche de sol (en cm)										
0-15	Activité totale	1 833	5 647	4 553	3 891	3 667	2 451			
	Activité relative	72,1	82,4	77,6	65	58	54,1	49,2	49,3	48,5
0-30	Activité totale	2 517	6 619	5 506	5 390					
	Activité relative	99	96,6	92,1	90,1	81,5	72,4	69,1	67,3	69,4
0-45	Activité totale				5 774					
	Activité relative	100	100	98,7	96,5	92,9	86,2	83,7	81,7	83,0
0-60	Activité totale	—	—		5 668					
	Activité relative			99,5	98,1	97,3	95,4	93,1	92,7	89,4
0-75	Activité totale	—	—							
	Activité relative			100	99,2	99,3	98,5	97,7	97,7	94,9
0-90	Activité totale	—	—	—						
	Activité relative				100	100	100	100	100	100